

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-175047

(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl.

H04N 1/409  
G06T 5/00  
G06T 5/20

(21)Application number : 11-276662

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 29.09.1999

(72)Inventor : NAGAO KIMITOSHI

(30)Priority

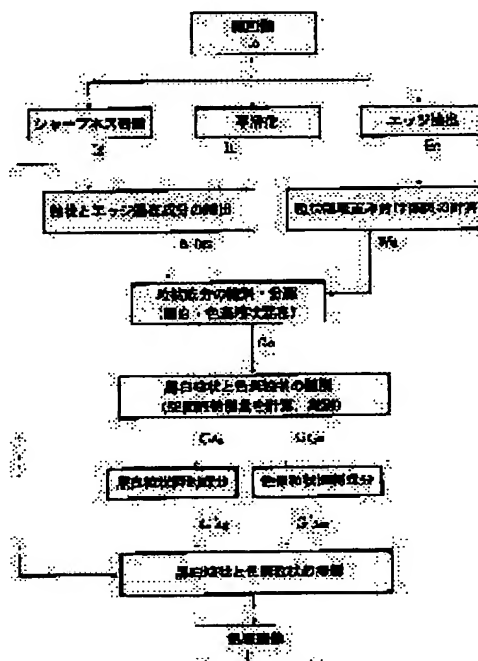
Priority number : 10278351 Priority date : 30.09.1998 Priority country : JP

## (54) IMAGE PROCESSING METHOD AND IMAGE PROCESSOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an image processing method for noise suppression and sharpness emphasis of a digital image where granularity is suppressed and image sharpness is emphasized without causing unnatural artifact resulting from discontinuity of a border of a granularity eliminating area and a sharpness emphasis area and to provide an image processor to execute this method.

**SOLUTION:** Sharpness emphasis and smoothing are applied to an original image to obtain image data intermingled with an object image edge and granular data, edges are detected from the original image to obtain weighted data of a granular area, the weight data are multiplied by the intermingled image data consisting of the edges and the granular data to obtain granular data in a granular area for each color, a local granular coefficient representing a spatial magnitude of granular density fluctuation and a characteristic of the magnitude of the fluctuation on the basis of the granular data in each color, a black/white granular component and a color granular component are identified and separated, and a black/white granular suppression component and a color granular suppression component are obtained by multiplying respective suppression coefficients by the black/white granular component and the color granular component. Then the black/white granular suppression component and color granular suppression component are selectively eliminated from the sharpness emphasis image.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-175047  
(P2000-175047A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000. 6. 23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 N 1/409		H 0 4 N 1/40	1 0 1 D
G 0 6 T 5/00		G 0 6 F 15/68	3 5 0
	5/20		4 0 5
		H 0 4 N 1/40	1 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-276662  
(22) 出願日 平成11年9月29日 (1999. 9. 29)  
(31) 優先権主張番号 特願平10-278351  
(32) 優先日 平成10年9月30日 (1998. 9. 30)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

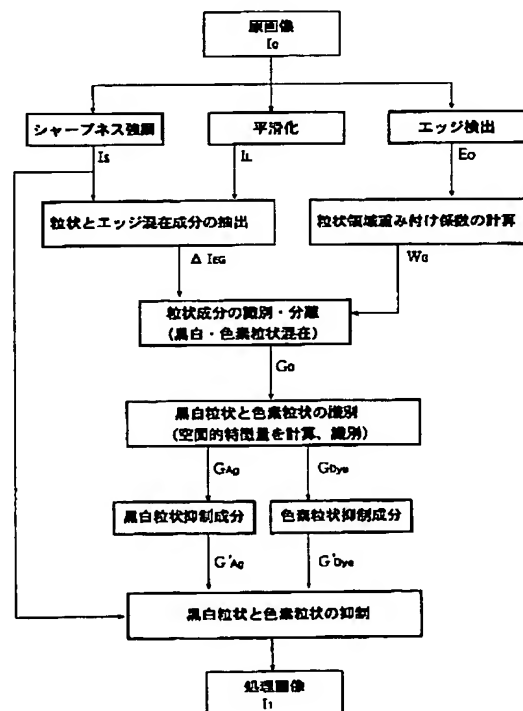
(71) 出願人 000005201  
富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地  
(72) 発明者 長尾 公俊  
神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写真  
フイルム株式会社内  
(74) 代理人 100080159  
弁理士 渡辺 望稔

(54) 【発明の名称】 画像処理方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 粒状除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーチファクトを生じさせずに、粒状を抑制し、かつ画像シャープネスを強調する処理を行うデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置を提供する。

【解決手段】 原画像にシャープネス強調および平滑化を行って被写体画像エッジと粒状との混在画像データを求め、原画像にエッジ検出を行って粒状領域の重み付けデータを求め、これを被写体画像エッジと粒状との混在画像データに乗じて粒状領域の粒状データを各色毎に求め、各色の粒状データから粒状による濃度変動の空間的な大きさと変動の大きさの特徴を表す局所的粒状係数を求め、黒白粒状成分と色素粒状成分を識別、分離し、これらにそれぞれの抑制係数を乗じて、黒白粒状抑制成分と色素粒状抑制成分とを求め、これらをシャープネス強調画像から選択的に除去することにより、上記課題を解決する。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれる粒状あるいはノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成し、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、

前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調された粒状と、が混在する被写体画像エッジと粒状との混在画像データを作成し、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域と粒状領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータおよび粒状領域の重み付けデータを求め、

前記被写体画像エッジと粒状との混在画像データに、前記粒状領域の重み付けデータを乗じて、粒状領域の粒状データを各色毎に求め、

この各色の粒状データから、粒状による濃度変動の空間的大きさと変動の大きさの特徴を表す局所的粒状係数を求め、黒白粒状成分と色素粒状成分を識別、分離し、こうして得られた黒白粒状成分と色素粒状成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黒白粒状抑制成分と色素粒状抑制成分とを求め、

前記シャープネス強調画像データから前記黒白粒状抑制成分と前記色素粒状抑制成分とを選択的に除去することにより、粒状が抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法。

【請求項 2】前記原画像データは銀塩カラー写真感光材料に撮影された画像から画像収録装置によって収録されたデジタル画像データであり、前記黒白粒状は未現像ハロゲン化銀粒子および現像銀粒子の少なくとも一方による粒状を含む請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3】前記原画像データは銀塩カラー写真感光材料に撮影された画像から画像収録装置によって収録されたデジタル画像データであり、前記黒白粒状は前記未現像ハロゲン化銀粒子および現像銀粒子の少なくとも一方による粒状に加え、さらに各色のランダムなノイズ、前記画像収録装置の固定パターンノイズおよびエイリアシングによるモアレの少なくとも一つを含む請求項 1 または 2 に記載の画像処理方法。

【請求項 4】原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれる粒状あるいはノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成するシャープネス処理部と、

前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、

前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像の

エッジと、同じくシャープネス強調された粒状と、が混在する被写体画像エッジと粒状との混在画像データを作成するエッジ・粒状混在成分抽出部と、

前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域と粒状領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータを求めるエッジ検出部と、

このエッジ領域の重み付けデータから粒状領域の重み付けデータを求める粒状領域重み付け係数演算部と、

前記被写体画像エッジと粒状との混在画像データに、この粒状領域の重み付けデータを乗じて粒状領域の粒状データを各色毎に求め、

この各色の粒状データから、粒状による濃度変動の空間的大きさと変動の大きさの特徴を表す局所的粒状係数を求め、黒白粒状成分と色素粒状成分を識別、分離し、得られた黒白粒状成分と色素粒状成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黒白粒状抑制成分と色素粒状抑制成分とを求める粒状成分識別処理部と、

前記シャープネス強調画像データから前記黒白粒状抑制成分と前記色素粒状抑制成分とを選択的に除去することにより、粒状が抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成する出力画像演算部とを有することを特徴とするデジタル画像の粒状抑制およびシャープネス強調のための画像処理装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル画像の粒状などのノイズ（雑音）を抑制し、かつデジタル画像のシャープネスを強調するデジタル画像の粒状抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法および装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】銀塩写真等の画像を画像入力スキャナで収録し、画像出力プリンタで出力するようなデジタル画像では、スキャナとプリンタによる大幅なシャープネス劣化があり、それを回復するために従来からラブラシアンフィルタやアンシャープマスク（USM）によるシャープネス強調が行われている。しかし、画像のシャープネスが向上すると共に画像中の粒状やスキャナ等の電氣的なノイズ（雑音）などの画像ノイズも強調され、粒状やノイズが悪化する副作用があり、得られた画像は視覚的に不快感を与えるものとなるため、粒状やノイズの悪化が許容される範囲内、すなわち、視覚的に不快感を与えない範囲内で控え目なシャープネス強調しか行えないという欠点があった。

【0003】特に、撮影に用いる銀塩カラー写真感光材料が発色したシアン、マゼンタ、イエローの色素の他に未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子を含むもの、例えば本出願人に係る欧州特許（EPC）第 800114A 号の実施例に記載された銀塩カラー写真感光材料である場合には、上記従来技術によるシャープネス強調処理を

行ったり、色補正や階調修正等のデジタル画像処理演算を行うと、画像に含まれる未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による粒状が強調され、画質が好ましくないものとなる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、デジタル画像において、従来より、ノイズとなる粒状を除去してシャープネスを強調する画像処理法としては幾つか提案されているが、粒状を除去する方法として、粒状を平均化したり、ぼかす方法を用いているため、ぼけた粒状パターンが視覚的には不快に感じられたり、除去してはならない画像の微細構造を粒状と共に除去したり、不自然な違和感のあるアーチファクトが生じる等の欠点を有しており、写真のような審美的な画像には適さないものであった。

【0005】例えば、上述した従来の粒状抑制・シャープネス強調画像処理方法では、シャープネスはアンシャープマスクで強調し、粒状はぼかしたり、平滑化によって抑制する手法を用い、原画像から粒状（ノイズ）信号と輪郭信号を信号レベルで分離して、輪郭信号はシャープネス強調し、平滑領域は粒状抑制することにより、小さい信号を粒状と見做して処理するので、粒状の信号レベルと近い画像細部信号、すなわち、芝生や衣類のテクスチャや頭髮等の画像信号が粒状と共に抑制され、画像処理のアーティファクトとして視覚的には不快な画像となる欠点があるという問題があった。すなわち、このような従来法では、粒状抑制の方法としてぼけや平均化を用いており、ぼけた粒状パターンは粒状が良くなったかのように見えるが、逆にぼけて広がった粒状パターンが視覚的には不快なパターンと認識され、特に、ポートレート写真等の顔や肌、あるいは壁や空等の様な被写体で目立つという問題があった。

【0006】本発明は、上記従来技術の欠点を鑑みてなされたものであって、写真、印刷、テレビジョン、電子スチル写真、各種複写機等の画像において、特に、上記のような未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子を含む写真画像において、カメラによるぼけ、写真感光材料の粒状やぼけ等の画像に固有のノイズ、すなわち雑音と鮮鋭度（シャープネス）劣化、もしくはその原稿画像をスキャナなどの画像入力装置でデジタル化する際に、上記のような欠点、すなわち、粒状が強調され、視覚的には不快に見えるという欠点や、コントラストの低い画像信号が粒状と誤認され、抑制あるいは除去されるという欠点や、粒状除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーチファクトが見られるという欠点を生じさせずに、粒状を抑制し、かつ画像シャープネスを強調する処理を行うデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置を提供することを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、先ず、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれる粒状あるいはノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成し、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成し、前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調された粒状と、が混在する被写体画像エッジと粒状との混在画像データを作成し、次いで、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域と粒状領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータおよび粒状領域の重み付けデータを求め、前記被写体画像エッジと粒状との混在画像データに、前記粒状領域の重み付けデータを乗じて、粒状領域の粒状データを各色毎に求め、続いて、この各色の粒状データから、粒状による濃度変動の空間的大きさと変動の大きさの特徴を表す局所的粒状係数を求め、黒白粒状成分と色素粒状成分を識別、分離し、こうして得られた黒白粒状成分と色素粒状成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黒白粒状抑制成分と色素粒状抑制成分とを求め、最後に、前記シャープネス強調画像データから前記黒白粒状抑制成分と前記色素粒状抑制成分とを選択的に除去することにより、粒状が抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成することを特徴とするデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を提供するものである。

【0008】また、本発明は、原画像データにシャープネス強調処理を行い、画像と共にこの画像中に含まれる粒状あるいはノイズを鮮鋭化したシャープネス強調画像データを作成するシャープネス処理部と、前記原画像データに平滑化処理を行って、平滑化画像データを作成する平滑化処理部と、前記シャープネス強調画像データからこの平滑化画像データを減算して、シャープネス強調された被写体画像のエッジと、同じくシャープネス強調された粒状と、が混在する被写体画像エッジと粒状との混在画像データを作成するエッジ・粒状混在成分抽出部と、前記原画像データからエッジ検出を行って被写体エッジ領域と粒状領域を識別するためのエッジ領域の重み付けデータを求めるエッジ検出部と、このエッジ領域の重み付けデータから粒状領域の重み付けデータを求める粒状領域重み付け係数演算部と、前記被写体画像エッジと粒状との混在画像データに、この粒状領域の重み付けデータを乗じて粒状領域の粒状データを各色毎に求め、この各色の粒状データから、粒状による濃度変動の空間的大きさと変動の大きさの特徴を表す局所的粒状係数を求め、黒白粒状成分と色素粒状成分を識別、分離し、得られた黒白粒状成分と色素粒状成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、黒白粒状抑制成分と色素粒状抑制成分と

を求める粒状成分識別処理部と、前記シャープネス強調画像データから前記黒白粒状抑制成分と前記色素粒状抑制成分とを選択的に除去することにより、粒状が抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネス強調が保持された処理画像を作成する出力画像演算部とを有することを特徴とするデジタル画像の粒状抑制およびシャープネス強調のための画像処理装置を提供するものである。

【0009】ここで、前記原画像データは銀塩カラー写真感光材料に撮影された画像からスキャナ等の画像収録装置により収録されたデジタル画像データであり、前記黒白粒状は未現像ハロゲン化銀粒子および現像銀粒子の少なくとも一方による粒状を含むのが好ましい。また、前記原画像データは、銀塩カラー写真感光材料に撮影された画像からスキャナ等の画像収録装置によって収録されたデジタル画像データであり、前記黒白粒状は前記未現像ハロゲン化銀粒子および現像銀粒子の少なくとも一方による粒状に加え、さらに各色のランダムなノイズ、前記画像収録装置の固定パターンノイズおよびエイリアシングによるモアレの少なくとも一つを含むのが好ましい。

【0010】また、前記エッジ検出は局所分散方式によるものが好ましく、前記シャープネス強調処理はガウシアン型のアンシャープマスク処理であるのが好ましく、また前記平滑化処理はガウシアン型のマスク処理であるのが好ましい。勿論、これらはガウシアン型に限られるものではなく、他のものでも良い。また、シャープネス強調は、粒状抑制無しでは粒状やノイズがかなり目立っても、必要十分に強く掛けるのが好ましい。

【0011】本発明においては、まず、カラー原画像にシャープネス強調処理を行い、画像を鮮鋭化すると共に画像中に含まれる粒状・雑音（ノイズ）を共に鮮鋭化しておき、画像のエッジ部と平坦部とを領域分割し、平坦部を粒状領域と見做して粒状の信号を検出する。次に、例えばR（赤）、G（緑）、B（青）の粒状信号から、黒白粒状と色素粒状の形態の相違により生じる信号の特徴量を計算することによって、両者の識別を行う。識別した黒白粒状を3色の鮮鋭化画像信号の粒状領域から選択的に除去することにより、例えば、銀塩カラー写真感光材料の未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による黒白粒状成分を除去することができる。一方、残る色素粒状については、例えばR、G、Bのそれぞれの色毎に粒状抑制を行う。

【0012】本発明の画像処理方法および装置に適用される粒状抑制法では、画像の被写体成分と同時に粒状成分もシャープネス強調により微細化されており、その粒状成分をシャープネス強調画像から差し引く方法で粒状を抑制するので、元の粒状より空間的に細かくかつ濃淡変化の小さい粒状を実現することができる。従って、粒状は空間的に微細化されるので、例えば、銀塩カラー写真感光材料で微粒子乳剤を用いた時に得られるような細

かい粒状にすることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明に係るデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置を添付の図面に示す好適実施例に基づいて詳細に説明する。

【0014】図1は、本発明に係る画像処理装置を組み込んだ、カラー画像を読み取り、粒状抑制・シャープネス強調の画像処理を行い、カラー画像を出力するカラー画像再生システムのブロック図である。図2は、本発明に係る画像処理方法を実施する画像処理装置の一実施例のブロック図である。図3は、本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムの一例を示すフローチャートである。以下の説明では、デジタル画像としてカラー写真画像、カラー画像データとしてR（赤）、G（緑）およびB（青）の3色の色データを代表例として説明するが、本発明はこれに限定されない。

【0015】図1に示すように、カラー画像再生システム10は、カラー写真画像（カラーネガフィルム、カラーリバーサルフィルムなどのフィルム画像などやデジタルカメラ等の撮影画像）などのカラー画像を読み取ってデジタル入力画像データを得る画像入力装置12と、画像入力装置12から入力される入力画像データに所要の画像処理とともに本発明のデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理を施して、出力画像データI<sub>1</sub>を得る画像処理装置14と、画像処理装置14から出力される出力画像データI<sub>1</sub>に基づいてプリント画像などのカラー画像を出力する画像出力装置16とを具備する。

【0016】画像入力装置12は、デジタルカラー画像データを作成して、画像処理装置14への入力画像データとして出力するためのもので、例えば、画像収録装置、具体的には、カラー（またはモノクロ）ネガフィルムやカラー（またはモノクロ）リバーサルフィルムなどのカラーフィルム画像をCCD素子などの撮像素子や撮像デバイス等によって読み取ってデジタル画像データを作成するフィルムスキャナ装置、印刷物や反射プリント画像などのカラー反射原稿画像を撮像素子によって読み取ってデジタル画像データを作成する反射原稿用スキャナ装置や、画像撮影デバイス、具体的には、被写体を撮像素子、撮像デバイス等で直接撮影してデジタル画像データを作成するデジタルカメラや電子スチルカメラやビデオカメラ、もしくは、これらで作成されたデジタル画像データを格納した記録媒体、例えば、スマートメディア、PCカードなどの半導体メモリーやFD、Zipなどの磁気記録媒体やMO、MDなどの光磁気記録媒体やCD-ROM、Photo-CDなどの光記録媒体などをドライブしてデジタル画像データとして読み出すドライバ、これらのデジタル画像データを読み込んでソフトコピー画像を表示するCRTモニタ、

液晶モニタなどの表示装置、および読み込んだもしくは表示されたデジタル画像データを全体的にもしくは部分的に画像処理する画像処理用PC、WSなどのコンピュータなどを挙げることができる。

【0017】画像出力装置16は、最終処理画像データとして画像処理装置14から出力される出力画像データに基づいて、カラー写真画像などのカラー入力画像が再現されたカラー画像を出力するためのもので、反射プリント画像や反射原稿画像などのカラーハードコピー画像を出力するデジタルフォトリンタや複写機や電子写真、レーザプリンタ、インクジェット、熱昇華型、TAなどの種々の方式のデジタルカラープリンタなどの画像出力装置、ソフトコピー画像として表示するTV、CRTモニタ、液晶モニタ等の表示装置やPCやWSなどのコンピュータなどを挙げることができる。

【0018】本発明の特徴とする画像処理装置14は、画像入力装置12からの入力画像データの色および調子（階調）を画像出力装置14に所望の色および調子再現で出力するために調整処理して原画像データ $I_0$ を作成する色・調子処理部18と、この色・調子処理部18によって処理された原画像データ $I_0$ に本発明の最も特徴とする部分であって、本発明のデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法を実施して出力画像データ $I_1$ を作成する粒状抑制・シャープネス強調画像処理部20と、色および調子再現性が調整された画像データに基づいて再生画像を表示する画像モニタおよび種々の所要の画像処理や本発明の画像処理を行うためのパラメータを設定する画像処理パラメータ設定部からなる画像モニタ・画像処理パラメータ設定部22とを有する。

【0019】ここで、色・調子処理部18は、画像入力装置12から入力される入力画像データの色および調子（階調）の再現性を画像出力装置16において適正に再現されるように色変換または色補正（階調変換または補正も含む）を行って、本発明の画像処理方法を実施するための原画像データ $I_0$ を作成するものであり、ここで行われる処理としては、例えば、色（グレイ）変換や補正、階調補正、濃度（明るさ）補正、彩度補正、倍率変換、濃度ダイナミックレンジの圧縮・伸長などの種々の処理を挙げることができる。

【0020】画像モニタ・画像処理パラメータ設定部22は、画像モニタおよび画像処理パラメータ設定部からなり、画像モニタに画像入力装置12から入力された入力画像データに基づいて入力画像を表示するとともに、この画像モニタを用いて（例えばGUIなどによって）入力画像データに色・調子処理部18および本発明の画像処理方法を実施するための粒状抑制・シャープネス強調画像処理部20で行う各種の画像処理のパラメータを図示しないマウスやキーボードなどのデータ入力機によって設定するためのものである。ここで、設定されるパ

ラメータは、上述した各種の処理に用いられる補正係数、変換係数、倍率などや後に詳細に説明する本発明の画像処理方法を実施する上で必要となる様な係数などのパラメータなどを挙げることができる。

【0021】本発明の画像処理方法を実施する粒状抑制・シャープネス強調画像処理部（以下、単に本画像処理部という）20は、色・調子処理部18で作成された原画像データ $I_0$ に本発明の特徴とする粒状抑制・シャープネス強調画像処理を行って、画像出力装置16に出力するための出力画像データである最終処理画像データ $I_1$ を作成するためのものである。

【0022】ここで、本画像処理部20は、図2に示すように、原画像データ $I_0$ にシャープネス強調処理を行って、画像とともにこの画像中に含まれる粒状あるいはノイズ（雑音）をも鮮鋭化されたシャープネス強調画像データ $I_S$ を作成するシャープネス強調処理部24と、原画像データ $I_0$ に平滑化処理を行って、平滑化画像データ $I_L$ を作成する平滑化処理部26と、シャープネス強調画像データ $I_S$ から平滑化画像データ $I_L$ を減算して、共にシャープネス強調された被写体画像のエッジと粒状とが混在する被写体画像エッジと粒状との混在画像データ $\Delta I_{EG}$ を作成するエッジ・粒状混在成分抽出部28と、原画像データ $I_0$ からエッジ検出を行って、被写体エッジ領域と粒状領域とを識別するためのエッジ成分 $E_0$ を求めるエッジ検出部30と、このエッジ成分 $E_0$ から粒状領域の重み付けデータ $W_G$ を求める粒状領域重み付け係数演算部32と、エッジ・粒状混在成分抽出部28で得られた混在画像データ $\Delta I_{EG}$ にこの粒状領域の重み付けデータ $W_G$ を乗じて粒状領域の粒状データ $G_0$ をR、G、Bの各色毎に求め、このR、G、Bの粒状データ $G_0$ から（未現像）ハロゲン化銀粒子と現像銀粒子による黒白粒状と色素雲からなる色素粒状の形態の違いによる信号の変動の違い（空間的大きさと濃度変動の大きさ）を識別して、黒白粒状成分 $G_{Ag}$ と色素粒状成分 $G_{Dye}$ とを分離し、それぞれの成分にそれぞれの抑制係数 $\alpha_{Ag}$ と $\alpha_{Dye}$ を乗じて黒白粒状抑制成分 $G'_{Ag}$ と色素粒状抑制成分 $G'_{Dye}$ とを求める粒状成分識別処理部34と、シャープネス強調処理部24で作成されたシャープネス強調画像データ $I_S$ から黒白粒状抑制成分 $G'_{Ag}$ と色素粒状抑制成分 $G'_{Dye}$ とを引き算して選択的に除去し、画像出力装置16へ出力するための出力画像データとして、最終処理画像データ $I_1$ を作成する出力画像演算部36とを有する。

【0023】図2に示す粒状抑制・シャープネス強調画像処理部20は、基本的に以上のように構成されるが、以下に図3に示す本発明の画像処理方法の処理アルゴリズムを示すフローチャートを参照しながら、本処理部20の作用および本発明の画像処理方法について詳細に説明する。

【0024】本発明においては、図2および図3に示す



ように、各色、各画素毎に先ず、原画像  $I_0$  から、シャープネス強調処理部 24 においてシャープネス強調画像  $I_S$  を、平滑化処理部 26 において平滑化画像  $I_L$  を作成し、エッジ・粒状混在成分抽出部 28 においてエッジと粒状（ノイズ）が混在した微細画像データ  $\Delta I_{EG}$  を抽出する。一方、エッジ検出部 30 において局所的な分散等の方法により原画像  $I_0$  から求めた画像中の被写体のエッジ像データであるエッジ成分  $E_0$  を検出し、粒状領域重み付け係数演算部 32 においてエッジ成分  $E_0$  から粒状領域の重み付けデータ  $W_G(x, y)$  を求める。

【0025】粒状成分識別処理部 34 において、先ず、粒状領域重み付け係数演算部 32 で得られた粒状領域重み付け係数データ  $W_G(x, y)$  を用いて、先にエッジ・粒状混在成分抽出部 28 で求めたエッジ・粒状混在微細画像データ  $\Delta I_{EG}(x, y)$  から、エッジ領域のエッジ成分  $E_0$  と粒状領域の粒状成分  $G_0$  をと識別し、粒状成分  $G_0$  を分離し、R、G、B の各色毎に抽出する。この粒状成分  $G_0$  には未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子などの銀粒状からなる黒白粒状と色素粒状とが混在しているので、粒状成分  $G_0$  は、さらに黒白粒状と色素粒状の形態的特徴を数値化し、局所的粒状係数  $G_L(x, y)$  を求め、これに基づいて両者を識別し、銀粒状からなる黒白粒状成分  $G_{Ag}$  と色素粒状成分  $G_{Dye}$  とに分離する。続いて、黒白粒状成分  $G_{Ag}$  と色素粒状成分  $G_{Dye}$  とにそれぞれの抑制係数  $\alpha_{Ag}$  と  $\alpha_{Dye}$  を乗じて黒白粒状抑制成分  $G'_{Ag}$  と色素粒状抑制成分  $G'_{Dye}$  とを求める。

【0026】最後に、出力画像演算部 36 において、シャープネス強調処理部 24 で作成されたシャープネス強調画像データ  $I_S$  から黒白粒状抑制成分  $G'_{Ag}$  と色素粒状抑制成分  $G'_{Dye}$  とを引き算して、画像出力装置 16 へ出力するための出力画像データとして、粒状が抑制され、画像エッジ領域におけるシャープネスが強調された最終処理画像  $I_1$  を得ることができる。

【0027】

本発明の特徴は、i) 先ず、原画像からシャープネス強調画像と平滑化画像とを作成し、エッジ・粒状混在の画像データを作成する。

ii) そのエッジ・粒状混在画像データから、別途原画像から局所的な分散等の方法により求めたエッジ像データから計算した粒状領域の重み係数を用いて、エッジ成分と粒状成分を識別し、粒状成分を抽出する。

iii) 粒状成分は、さらに黒白粒状と色素粒状の形態的特徴を数値化し、これを基に両者を識別し、ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子からなる黒白粒状成分と色素粒状成分とに分離する。

iv) 黒白粒状成分と色素粒状成分とにそれぞれの抑制係数を乗じて、シャープネス強調画像から選択的に除去することによって、粒状領域の粒状を抑制する。このとき、エッジ領域の画像成分は抑制されずに保持されるので、粒状抑制とシャープネス強調を同時に実現すること

ができる。

【0028】次に、本発明の画像処理方法の各工程について図 3（および図 2）を参照して簡単に説明する。

1) シャープネス強調工程（シャープネス強調処理部 24 による）

アンシャープマスク U S M やガウシアン型アンシャープマスク (Gaussian U S M)、あるいはラプラシアンフィルタを用いて、原画像  $I_0$  に画像のぼけ回復とシャープネス向上のための強調を行い、シャープネス強調画像  $I_S$  を求める。

2) エッジ・粒状混在成分の抽出工程（エッジ・粒状混在成分抽出部 28 による）

例えば、原画像の  $n \times n$  の平滑化マスクなどの平均化やぼけマスクを用いて原画像  $I_0$  の平滑化画像  $I_L$  を作成し（平滑化工程（平滑化処理部 26 による））、シャープネス強調画像  $I_S$  からエッジ・粒状混在の微細画像データ  $\Delta I_{EG}$  を作成する。

【0029】3) エッジ領域と平坦領域の重み付け係数の算出工程（粒状領域重み付け係数演算部 32 による）局所的分散等のエッジ検出マスクを用いて原画像  $I_0$  から画像被写体のエッジ  $E_0$  を検出し（エッジ検出部 30 による）、そのエッジ成分から抑制したい粒状のある平坦（粒状）領域の重み付け関数  $W_G$  を求める。

【0030】4) エッジと粒状の識別・分離工程（粒状成分識別処理部 34 による）

先に求めたエッジ・粒状混在の微細画像データ  $\Delta I_{EG}$  に粒状領域の重み付け関数  $W_G$  を乗じて、粒状成分  $G_0$  を求める。

5) 黒白粒状成分と色素粒状成分の識別・分離工程（粒状成分識別処理部 34 による）

R、G、B の粒状成分  $G_0$  から、ハロゲン化銀粒子と現像銀粒子による黒白粒状と色素雲から成る色素粒状の形態の違いによる信号の変動の違い（空間的大きさと濃度変動の大きさ）を識別して、黒白粒状成分  $G_{Ag}$  と色素粒状成分  $G_{Dye}$  とを分離する。

6) 黒白粒状と色素粒状の抑制成分の算出工程（粒状成分識別処理部 34 による）

黒白粒状成分  $G_{Ag}$  と色素粒状成分  $G_{Dye}$  にそれぞれの抑制定数  $\alpha_{Ag}$  と  $\alpha_{Dye}$  を掛けたものを、それぞれ黒白粒状抑制成分  $G'_{Ag}$  と色素粒状抑制成分  $G'_{Dye}$  とする。

【0031】7) シャープネス強調画像から黒白粒状と色素粒状の抑制工程（最終処理画像の算出工程）（出力画像演算部 36 による）

シャープネス強調を行った画像  $I_S$  から、粒状領域で求めた黒白粒状抑制成分  $G'_{Ag}$  と色素粒状抑制成分  $G'_{Dye}$  を除算することにより、原画像  $I_0$  の被写体エッジ領域はシャープネス強調され、粒状領域は粒状抑制された最終の処理画像  $I_1$  を得る。本発明においては、以上の画像処理を行うことによって、画像のエッジ領域はシャープネス強調され、かつ平坦領域は粒状抑制を行うこと

ができる。本発明において、粒状抑制の程度を決めるパラメータは、粒状・エッジ成分の濃度変動 $\Delta D$ の平方自乗平均(RMS)に基づいて自動設定することもできる。また、粒状・ノイズを抑制し、かつシャープネスを強調する以上の本発明の画像処理アルゴリズムを、ディジタル化された画像データに対して、コンピュータあるいは専用処理装置14を使用して処理することができる。

【0032】本発明の画像処理方法および装置において対象とする画像としては、特に制限的ではないが、銀塩カラーフィルムなどの銀塩カラー写真感光材料を用いた写真画像、ディジタルカメラによる写真画像、印刷、各種複写機等のハードコピー画像のみならず、テレビジョン、コンピュータのCRT、液晶などの表示装置に表示されるソフトコピー画像であってもよい。特に、欧州特許第800,114A号の実施例1～5に記載されている感光材料のように、脱銀処理を行う必要がなく、未現像のハロゲン化銀や現像銀が残存する感光材料に担持される画像であるのが好ましい。また、以上の説明では、これらの画像において抑制すべきノイズとして粒状を代表例として説明しているが、本発明はこれに限定されず、写真感光材料の粒状等に起因する原稿画像に固有のノイズ、もしくはこれらの原稿画像をスキャナ等の画像入力装置で読み取ってディジタル画像化する際に付加されるノイズ、あるいはビデオカメラや電子スチルカメラやディジタルスチルカメラで撮影してディジタル画像化する時に混入するノイズなど、画像再現においてざらつ

$$I_S(x, y) = I_0(x, y) + a [I_0(x, y) - \langle I_0(x, y) \rangle] \quad (1)$$

ここで、 $a$ はシャープネス強調の程度を調節する定数であり、 $x, y$ は、画像中の注目画素の位置を示す。

【0034】ラプラシアンは、画像 $I_0(x, y)$ の二次微分

$$I_S(x, y) = I_0(x, y) - \nabla^2 I_0(x, y) \quad (2)$$

ラプラシアンによるシャープネス強調の具体的な例としては、下記のような $3 \times 3$ の係数配列が良く用いられ

$$\begin{array}{ccc|ccc} 0 & -1 & 0 & -1 & -1 & -1 & 1 & -2 & 1 \\ -1 & 5 & -1 & -1 & 9 & -1 & -2 & 5 & -2 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & -1 & -1 & 1 & -2 & 1 \end{array} \quad (3)$$

【0035】この係数配列では、特に強いシャープネス強調を掛けたときに、画像のエッジに不自然な輪郭が発生し易い。そこで、そのような欠点を少なくするため

$$G(x, y) = (1/2\pi\sigma^2) \exp[-(x^2 + y^2)/2\sigma^2] \quad (4)$$

ここで、 $\sigma^2$ は正規分布関数の広がりを表すパラメータであり、マスクの端 $x = x_1$ における値とマスクの中心

$$G(x_1, 0)/G(0, 0) = \exp[-x_1^2/2\sigma^2] \quad (5)$$

が0.1～1.0となるように調節することによって、 $3 \times 3$ のアンシャープマスクのシャープさを所望のものとすることができる。上記式(5)の値を1.0に近い値にすると、式(3)の中央のラプラシアンフィルタとほぼ同じマスクを作ることができる。マスクのシャープさを変更するには、この他にマスクの大きさを変更する

いて見える抑制の対象となるノイズであればどのようなものでもよい。また、以上の説明では、特に識別・分離して抑制すべきノイズである粒状として、銀塩カラー写真感光材料の未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子などの銀粒状からなる黒白粒状と色素粒状とを挙げているが、本発明はこれに限定されず、黒白粒状に基づくR, G, Bのランダムなノイズの他に、例えば画像入力装置、具体的には、スキャナやディジタルカメラ等の撮像素子(CCDやMOS型)や撮像デバイスなどの固定パターンノイズやエイリアジングによるモアレ等のR, G, Bの色相関を有するような、もしくは色相関の強いノイズやアーチファクトであってもよい。

【0033】次に、本発明の画像処理方法の各工程について詳細に説明する。

1) まず、シャープネス強調工程について説明する。

ここで、画像のシャープネスを強調する方法としては、アンシャープマスク(Unsharp masking, USM)またはラプラシアン(Laplacian)が良く知られている。本発明においても、これらを用いることにより、画像のシャープネス劣化が軽度なものであれば、画像のシャープネスを強調することができる。アンシャープマスクは、次式のように原画像 $I_0(x, y)$ から、 $I_0(x, y)$ を平均化あるいはぼかした画像 $\langle I_0(x, y) \rangle$ を引いて求めたエッジ強調成分 $I_0(x, y) - \langle I_0(x, y) \rangle$ に係数 $a$ を掛けて原画像 $I_0(x, y)$ に加算することによって、シャープネス強調画像 $I_S(x, y)$ を求める方法である。

(ラプラシアン)  $\nabla^2 I_0(x, y)$ を原画像から引くことによって、シャープネス強調する方法で、次式で表される。

に、本発明では式(4)に示したような正規分布型(Gaussian)のぼけ関数を用いたアンシャープマスクを用いるのが好ましい。

$x = 0$ における値の比、

方法があり、たとえば $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$ 、 $9 \times 9$ 等のマスクを用いることによって、シャープネス強調の空間周波数域の大幅な変更が可能となる。

【0036】また、マスクの関数形としても、上記の正規分布型以外のもの、たとえば、下記式(6)のような指数関数型のマスクを用いることができる。



$$E(x, y) = \exp[-(x^2 + y^2)^{1/2} / a] \quad (6)$$

ここで、 $a$ は上記式(4)の $\sigma^2$ と同様にアンシャープマスクの広がりを表すパラメータであり、マスクの端の

値とマスクの中心値の比、

$$E(x_1, 0) / E(0, 0) = \exp[-x_1 / a] \quad (7)$$

が0.1～1.0となるように調節することによって、 $3 \times 3$ のアンシャープマスクのシャープさを所望のものとする事ができる。式(8)に、 $E(x_1, 0) / E(0, 0) =$

0.3としたときの式(6)の指数関数のマスクの数値例を示す。

$$\begin{array}{ccc} 0.18 & 0.30 & 0.18 \\ 0.30 & 1.00 & 0.30 \\ 0.18 & 0.30 & 0.18 \end{array} \quad (8)$$

このマスクから、アンシャープマスクの1例を計算する

と、次式(9)のようになる。

$$\begin{array}{ccc} -0.12 & -0.22 & -0.12 \\ -0.21 & 2.32 & -0.21 \\ -0.12 & -0.21 & -0.12 \end{array} \quad (9)$$

【0037】このようなアンシャープマスクを用いて、原画像 $I_0(x, y)$ からシャープネス強調画像 $I_S(x, y)$ を求めることができる。なお、本発明に用いられるアンシャープマスクおよびシャープネス強調方法は、上述したものに限定されるわけではなく、この他の従来公知のアンシャープマスクや空間周波数フィルタリング等によるシャープネス強調方法を適用可能なことはもちろんである。

では、隣接する画素全体の和を求め平均値を計算してその値に置き換える方法、各画素に重み係数、たとえば正規分布型の関数を掛けて平均値を求める方法、メディアンフィルタのような非線型な処理を行う方法等の種々の方法がある。一方、空間周波数領域の処理では、ローパスフィルタを掛ける方法がある。たとえば、重み係数を用いる平均化の方法では下記式(10)を挙げることができる。

【0038】2)次に平滑化工程について説明する。平滑化を行う方法としては、実空間領域の処理と空間周波数領域の処理を挙げることができる。実空間領域処理

【0039】  
【数1】

$$I_L(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{0i}(x, y) \quad (10)$$

【0040】ただし、 $n$ は平均化のマスクサイズである。本発明では、実空間領域処理の中で、正規分布型の重み係数を掛けて平均値を求める方法を用いることにするが、これに限定されない。この時、処理のマスクとし

ては、下記のような $n \times n$ 画素のマスクを用いるのが好ましい。具体的には $3 \times 3$ から $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$ 、 $9 \times 9$ 程度のものを用いるのが好ましい。

$$\begin{array}{cccccccc} w_{11} & w_{12} & w_{13} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & w_{2n} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & w_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & & & & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & w_{n3} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & w_{nn} \end{array} \quad (11)$$

【0041】式(12)に $9 \times 9$ 画素のマスクの一例を示す。この式(12)では中心の値を1.0に正規化し

た値で示しているが、実際の処理ではマスク全体の和が1.0になるようにする。

$$\begin{array}{cccccccc} 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.30 & 0.51 & 0.74 & 0.93 & 1.00 & 0.93 & 0.74 & 0.51 & 0.30 \\ 0.28 & 0.47 & 0.69 & 0.86 & 0.93 & 0.86 & 0.69 & 0.47 & 0.28 \\ 0.22 & 0.38 & 0.55 & 0.69 & 0.74 & 0.69 & 0.55 & 0.38 & 0.22 \\ 0.15 & 0.26 & 0.38 & 0.47 & 0.51 & 0.47 & 0.38 & 0.26 & 0.15 \\ 0.09 & 0.15 & 0.22 & 0.28 & 0.30 & 0.28 & 0.22 & 0.15 & 0.09 \end{array} \quad (12)$$

【0042】このようなマスクを用いて、原画像 $I_0(x,$

$y)$ から平滑化画像 $I_L(x, y)$ を求めることができる。な

お、本発明に用いられる平滑化方法としては、上述した種々の方法に限定されるわけではなく、従来公知の平滑化方法はいずれも適用可能なことはいうまでもない。

【0043】3) 次いで、粒状とエッジの混在成分の抽出工程について説明する。

$$\Delta I_{EG}(x, y) = I_S(x, y) - I_L(x, y) \quad (13)$$

【0044】4) エッジ検出工程について説明する。ここでは、一例として局所分散方式によるエッジ検出を代表例として説明するが、本発明はこれに限定される訳ではない。

【0045】前処理：濃度変換、エッジ検出を行う際に、まず、R、G、Bで相関の無い粒状やノイズを減少させ、エッジ検出の精度を向上させ

$$D_V = (r D_R + g D_G + b D_B) / (r + g + b) \quad (14)$$

重み係数としては、例えば、 $r : g : b = 4 : 5 : 1$ のような値を用いる。この変換を行うのは、R、G、Bで相関の無い粒状やノイズを減少させ、エッジ検出の精度を向上させるためである。前処理の配列の大きさは範囲は $5 \times 5$ 、あるいは $7 \times 7$ 画素程度のものを用いるのがよいが、それは、次の処理で配列内の画像濃度の変動を、配列内で小さい配列、例えば、 $3 \times 3$ 程度の配列を用いて、移動しながら計算するためである。

【0046】なお、エッジ検出における重み係数 $r$ 、 $g$ 、 $b$ は以下のようにして求めることができる。重み係数については、視覚で観察したときに目立つ（これは、分光的な視感度分布に対応するという見方もあるが）、すなわち寄与の大きい色の画像データの重み係数が大きいという考えに基づいて最適な値に設定するのが好ましい。一般には、視覚評価実験等に基づいて経験的な重み係数が求められており、下記のような値が一般的な知見として知られている（公知文献としては、野口高史、「心理対応の良い粒状評価法」、日本写真学会誌、57（6）、415（1994）があり、色によって異なるが、下記の比に近い数値が示されている）。

$$\sigma_{ij} = \left\{ \frac{1}{N_E^2} \sum_i \sum_j (D_{ij} - \langle D \rangle)^2 \right\}^{1/2} \quad (15)$$

ただし、 $D_{ij}$ は局所分散を計算する $N_E \times N_E$ の画素配列の濃度で、 $\langle D \rangle$ はその配列の平均濃度で、下記式（16）のように表される。

$$\langle D \rangle = \frac{1}{N_E^2} \sum_i \sum_j D_{ij} \quad (16)$$

【0050】5) 次に、エッジ検出による粒状領域とエッジ領域の重み付け係数の算出工程について説明する。上記式（15）および（16）に示す局所分散 $\sigma(x, y)$ から、下記式（17）および（18）のように非線形変

$$W_E(x, y) = L \{ \sigma(x, y) \} \quad (17)$$

$$W_G(x, y) = 1 - W_E(x, y) \quad (18)$$

ここで、上記式（17）に示すLUT変換 $L \{ \sigma(x, y) \}$

こうして得られたシャープネス強調画像 $I_S(x, y)$ と平滑画像 $I_L(x, y)$ から両者の差、すなわち下記式（13）を計算し、粒状とエッジとの混在成分 $\Delta I_{EG}(x, y)$ として抽出する。

るため、原画像 $I_0(x, y)$ のR、G、Bの3色の濃度値 $D_R$ 、 $D_G$ 、 $D_B$ を視覚濃度(Visual density) $D_V$ に変換する。変換式は式（14）に示したように、R、G、Bの3色の濃度値 $D_R$ 、 $D_G$ 、 $D_B$ に重み係数 $r$ 、 $g$ 、 $b$ を掛けて視覚濃度(Visual density) $D_V$ に変換するものである。

$$r : g : b = 3 : 6 : 1$$

$$r : g : b = 4 : 5 : 1$$

$$r : g : b = 2 : 7 : 1$$

ここで、係数の比 $r : g : b$ として好ましい値の範囲を規定するとすれば、 $r + g + b = 10$ 、0で $b$ を1.0としたときに、 $g$ の値として、 $g = 5$ 、0～7.0

の範囲の値が好ましい。ただし、 $r = 10 - b - g$ である。

【0047】局所分散によるエッジ検出、エッジの検出は、上記視覚濃度 $D_V$ の画像データから $N_E \times N_E$ 画素の配列を移動しつつ、配列内の画像濃度変動を式（15）を用いて、その位置毎の局所的な標準偏差 $\sigma$ を順次局所分散として計算することによって、画像中の被写体エッジの検出を行う。画素配列の大きさ（ $N_E \times N_E$ ）は、検出精度および計算負荷を考慮して適宜決めればよいが、例えば $3 \times 3$ 、あるいは $5 \times 5$ 程度の大きさを用いるのが好ましい。

【0048】

【数2】

【0049】

【数3】

換（ルックアップテーブル（LUT）変換）を行って、エッジ領域および粒状領域の重み付け係数（データ） $W_E(x, y)$ および $W_G(x, y)$ を求める。ただし、 $\sigma(x, y) = \sigma_{ij}$ である。

は、下記式（19）で表すことができる。

$$L\{\sigma(x, y)\} = 1 - \exp[-\sigma(x, y)/a_E] \quad (19)$$

ただし、 $a_E$  は局所分散  $\sigma(x, y)$  の値を重み付け  $W_E(x, y)$  に変換する際の係数で、 $W_E = 0.5$  に割り付ける  $\sigma(x, y)$  の閾値  $\sigma_T$  とすると、

$$a_E = -\sigma_T / \log_e(0.5)$$

である。 $\sigma_T$  の値は、粒状と被写体輪郭の信号の大きさによって適切な値にする必要があるが、各色 8 bit (256 階調) のカラー画像では 10~100 の範囲の値が好ましい。なお、このように非線形変換を、LUT

$$L\{\sigma(x, y)\} = 1 - \exp\{-[\sigma(x, y)]^2/a_{E1}^2\} \quad (20)$$

ただし、 $a_{E1}$  は  $\sigma(x, y)$  から  $W_E(x, y)$  に変換する際の係数で、 $W_E = 0.5$  に割り付ける  $\sigma(x, y)$  の閾値を  $\sigma_T$  とすると、

$$a_{E1}^2 = -\sigma_T^2 / \log_e(0.5)$$

である。 $\sigma_T$  の値は、各色 8 bit (256 階調) のカラー画像では 10~100 の範囲の値が好ましい。なお、上述の局所分散方式のエッジ検出法では、局所分散  $\sigma(x, y)$  を計算し、非線形変換によって、エッジ領域の重み付け係数  $W_E$  を直接求めているが、本発明はこれに限定されず、得られた局所分散  $\sigma(x, y)$  からエッジ領域の重み付け係数  $W_E$  を求めてもよい。

$$g(i, j) = \{[f(i, j) - f(i+1, j+1)]^2 + [f(i+1, j) - f(i, j+1)]^2\}^{1/2} \quad (21)$$

テンプレート型オペレータとして、8 方向のエッジパターンに相当する  $3 \times 3$  テンプレートを用いる Robinson のオペレータや Kirsh のオペレータがある。次に、空間的な二次微分に基づく方法としては、ラプラシアンを用いた方法がある。この場合、雑音を強調してしまうので、先ず正規分布型のぼかし処理をしてからエッジ検出する方法が良く用いられる。

【0053】次に、粒状とエッジの識別・分離工程における粒状とエッジの重み付けについて説明する。ここでは、粒状成分とエッジ成分を識別し、分離するには、粒状とエッジの特徴を利用する。先ず、空間的な領域では、粒状はフィルム全体すなわち画像全体にあるが、被写体の輪郭やエッジの部分よりも平坦な部分で目立つ。一方、エッジは画像中の主として被写体の輪郭部分と被写体表面の微細構造のある部分にある。また、濃度領域

$$G_0(x, y) = W_G(x, y) \times \Delta I_{EG}(x, y) \quad (22)$$

【0055】なお、本発明においては、濃度領域での特徴を利用して、粒状とエッジの画像情報の分離を行ってもよい。すなわち、濃度差  $\Delta D(x, y)$  の小さい信号は主として粒状成分で、エッジ信号も幾分混在し、濃度差の大きい信号は主としてエッジ成分で、濃度差の大きめの

$$G_0(x, y) = LUT(\Delta D(x, y)) \quad (23)$$

ただし、LUT は

$$LUT(\Delta D) = \Delta D \times \exp[-(\Delta D)^2/a_G^2] \quad (24)$$

で、 $a_G^2$  は粒状の濃度変動の閾値  $G_T$  から決まる定数で、

$$a_G^2 = -G_T^2 / \log_e(1/2)$$

である。

(Look up table) として作成しておく、変換に要する計算時間を短縮することができるので好ましい。

【0051】エッジ領域の重み付け  $W_E(x, y)$  を求めるための非線形変換式  $L\{\sigma(x, y)\}$  としては、上記式に限定されるものではなく、他の式を用いることもできる。たとえば、下記式 (20) のようなガウシアン型の関数を用いても良い。

【0052】ところで、本発明においてエッジ検出法としては、上記局所分散方式のエッジ検出法に限定されるわけではなく、他のエッジ検出法も利用可能である。上記局所分散方式以外のエッジ検出法には、一次微分や二次微分に基づく方法があり、それぞれに、更に幾つかの方法がある。まず、空間的な一次微分に基づく方法としては、下記の 2 つのオペレータがある。差分型エッジ抽出オペレータとして、Prewitt のオペレータ、Sobel のオペレータ、Roberts のオペレータなどがある。Roberts のオペレータは下記式 (21) で表わすことができる。

では、粒状は主として撮影に用いた写真感光材料の粒状で構成されているので、濃度差は小さいものが多いが、エッジは被写体のコントラストに依存しており、画像によって大きく異なるが、濃度差は微小なものから非常に大きいものまで変化に富んだものとなっている。

【0054】6) 次に、粒状とエッジの識別・分離工程について説明する。

粒状とエッジを識別・分離するために、先ず両者の空間的な特徴を利用して、粒状とエッジの領域分割を行う。原画像から検出した被写体のエッジを用いて求めた粒状領域の重み付け係数  $W_G(x, y)$  を、粒状とエッジの混在画像データ (濃度変動値)  $\Delta I_{EG}(x, y)$  に乗算することによって、エッジ領域ではエッジ情報を減少させ、粒状領域における粒状情報の比率の高い粒状成分  $G_0(x, y)$  を得ることができる。

粒状成分が混在しているので、濃度差の大小を用いて粒状とエッジの分離を行うことができる。粒状成分  $G_0(x, y)$  の分離は、下記の式 (23) で表す非線形変換の LUT を用いて行うことができる。

【0056】ここで、粒状の濃度変動の閾値  $G_T$  は、粒状とエッジの混在画像データ  $\Delta I_{EG}(x, y)$  の中で、この値以下の濃度変動は粒状であると見做すものであるが、式 (24) から容易に判るように、この閾値を境に on

／off的に分離するのではなく、濃度変動が大きくなるにつれて徐々に小さくなるLUT形状に従って、分離する粒状が減少していくようにしている。従って、粒状と共にエッジも混入するが、その割合も徐々に減少する。このような非線型変換LUTを非線型変換関数NL

$$G_0(x, y) = NL G \{ \Delta I_{EG}(x, y) \times W_G(x, y) \} \quad (25)$$

【0057】ところで、粒状の識別閾値 $G_T$ の値は、処理する画像の粒状やノイズの大きさとシャープネス強調処理の程度によって、最適な値を選択するのが好ましい。粒状の識別は、シャープネス強調処理を行った画像で行うので、その粒状は元の画像の粒状がシャープネス強調処理でシャープになり、かつ濃度変動が大きくなった粒状である。したがって、粒状抑制処理を行う際に、周辺の $n \times n$ 画素の濃度変動を参照して、シャープネス強調処理後の粒状の大きさをRMS粒状度 $\sigma$ 等の物理値で表し、それに基づいて粒状の識別閾値 $G_T$ を決めることになる。以下に、その決定方法について説明する。

【0058】カラー写真感光材料の粒状は、通常、マイ

$$\sigma_{sc} = \sigma_{48} \sqrt{A_{48}} / \sqrt{A_{sc}} \quad (26)$$

ここで、 $A_{48}$ は $48 \mu\phi$ の開口の面積である。たとえば、フィルムの粒状度が4で、デジタル化のスキヤニ

となる。ただし、いずれの場合も光学系とスキヤニング開口によるぼけは同じとする。

$$\sigma_{sc} = \sigma_{48} \sqrt{A_{48}} / \sqrt{A_{12}} = 0.016 \quad (27)$$

となる。粒状の識別閾値 $G_T$ の値は、処理すべき画像の粒状度に比例する値、すなわち $G_T = k_G \sigma_{sc}'$ が好ましい。ただし、 $k_G$ は定数で、1.0～3.0の値が好ましい。 $G_T$ の値を $\sigma$ より大きくすればするほど粒状はより完全に識別できるようになる反面、粒状の濃度変動に近い低コントラストの被写体情報が粒状として誤認される確率が高まる。逆に $\sigma$ より小さくすると被写体情報は誤認されにくくなるが、粒状の中で濃度変動の大きい粒状が捕らえられなくなってしまう、画像の中に粗い粒状が残ることになる。

【0060】7) 黒白(銀)粒状成分と色素粒状成分の識別・分離工程について説明する。

ハロゲン化銀や現像銀による黒白粒状成分は、色素粒状に比べて空間的に細かく、かつ特に現像銀は不透明であるため濃度変動も大きい。また、ハロゲン化銀や現像銀による黒白粒状成分は、銀像の分光濃度分布がほぼ平坦であるため、スキヤナで走査したR、G、Bの各色の画

$$G_L(x, y) = [S_1(x, y) + S_2(x, y)] / 2 \quad (29)$$

ただし、 $S_1(x, y)$ と $S_2(x, y)$ は、それぞれ、下記式(30)および(31)で表される局所的な粒状による濃度変動を特徴付ける数値である。

Gとして表わし、上記式(23)および(24)を参照することにより、粒状成分 $G_0(x, y)$ を、上記式(22)の代わりに、下記式(25)として表わすこともできる。

クロデンシトメータを用いて、 $48 \mu\phi$ の測定開口を用いてRMS粒状度で測定されており、一般的あるいは典型的なカラーネガフィルム、例えばSuper G ACE 100, 200, 400, 800(いずれも富士写真フィルム社製)などでは4～5の値(RMS粒状度 $\sigma_{48}$ を1000倍した値で表示したもの)となっている。このフィルムを開口面積Aでスキヤニングすることによってデジタル化すると、その開口面積でのフィルムの粒状度 $\sigma_{sc}$ は、良く知られたSelwynの粒状度の式 $S = \sigma \sqrt{A}$ を用いて、上記 $48 \mu\phi$ の開口で測定したRMS粒状度 $\sigma_{48}$ から次式(26)で換算することができる。

ング開口を $12 \mu\phi$ (開口面積は $A_{12}$ )とすると、

【0059】シャープネス強調を行ったときに粒状度 $\sigma_{sc}$ がp倍に大きくなったとすると、

像・粒状信号に共通の成分として含まれる。一方、色素粒状成分は、半透明で、現像銀粒子を中心に大きく広がって生成される色素雲からなり、その色素雲は中心で濃度が高く、周辺になる程濃度が薄くなるため、粒状パターンとしては黒白粒状成分より空間的に大きい、濃度変動は黒白粒状成分より概して小さい。本発明においては、両者のこのような特徴を利用して、濃度変動の空間的大きさと変動の大きさを数値化し、その数値に基づいて銀粒状による黒白粒状成分と色素粒状成分を識別することができる。

【0061】そこで、本発明において、濃度変動の空間的大きさと変動の大きさを数値化する方法としては、特に制限はないが、画素(x, y)を中心とする $n \times n$ 画素配列(ただしnは3, 5, 7程度の大きさ)から下記の式(29)に示すような局所的粒状係数 $G_L(x, y)$ を求めるのがよい。

【0062】  
【数4】

$$S_1(x, y) = \left\{ \frac{1}{n^2} \sum_{i=-(n-1)/2}^{(n-1)/2} \sum_{j=-(n-1)/2}^{(n-1)/2} [G_0(x+i, y+j) - \langle G_0(x, y) \rangle]^2 \right\}^{1/2} \quad (30)$$

$$S_2(x, y) = \left\{ \frac{1}{n^2} \sum_{i=-(n-1)/2}^{(n-1)/2} \sum_{j=-(n-1)/2}^{(n-1)/2} [G_0(x+i, y+j) - G_0(x, y)]^2 \right\}^{1/2} \quad (31)$$

【0063】上記式(30)で表される $S_1(x, y)$ は、 $n \times n$ 画素の平均値からの粒状の濃度変動の大きさを表すもので、上記式(31)で表される $S_2(x, y)$ は中心画素と周辺画素との濃度勾配を表すもので、いずれも黒白粒状成分のような空間的に細かい濃度変動が大きい場合に値が大きくなり、色素粒状成分のような濃度変動の穏やかな場合には値が小さくなる。したがって、局所的粒状

係数 $G_L(x, y)$ の値が大きいところは黒白粒状成分が多く、 $G_L(x, y)$ の値が小さいところでは色素粒状が多くなるので、両者を識別し、分離することができる。

【0064】なお、上記式(29)で表される局所的粒状係数 $G_L(x, y)$ に、さらに次式(32)のような周辺画素間の濃度勾配 $S_3(x, y)$ を加えても良い。

$$S_3(x, y) = \left\{ \begin{aligned} & (G_0(x, y+1) - G_0(x-1, y+1))^2 \\ & + (G_0(x+1, y+1) - G_0(x, y+1))^2 \\ & + (G_0(x+1, y) - G_0(x+1, y+1))^2 \\ & + (G_0(x+1, y-1) - G_0(x+1, y))^2 \\ & + (G_0(x, y-1) - G_0(x+1, y-1))^2 \\ & + (G_0(x-1, y-1) - G_0(x, y-1))^2 \\ & + (G_0(x-1, y) - G_0(x-1, y-1))^2 \\ & + (G_0(x-1, y+1) - G_0(x-1, y))^2 \end{aligned} \right\}^{1/2} / 8 \quad (32)$$

そのときは、上記式(29)は、下記式(33)となる。

$$G_L(x, y) = [S_1(x, y) + S_2(x, y) + S_3(x, y)] / 3 \quad (33)$$

【0065】こうして得られた局所的粒状係数 $G_L(x, y)$ と先に求められていた粒状成分 $G_0(x, y)$ から、黒白粒状成分 $G_{Ag}(x, y)$ と色素粒状成分 $G_{Dye}(x, y)$ を、

$$G_{Ag}(x, y) = G_0(x, y) \times G_L(x, y) / G_{Lmax} \quad (34)$$

$$G_{Dye}(x, y) = G_0(x, y) - G_{Ag}(x, y) \quad (35)$$

ここで、 $G_{Lmax}$ の値は、画像全体の $G_L(x, y)$ の最大値としても良く、あるいは平均値の定数倍(たとえば2倍)としても良く、また画像に含まれるハロゲン化銀粒子と現像銀の量、原画像の粒状の粗さ、およびシャープネス強調の強さに基づいて、その値を設定しても良い。画像データが、R, G, B各色8bitであるならば、10～100の範囲に入る値が好ましい。

$$G_{Ag}(x, y)' = \alpha_{Ag} \times G_{Ag}(x, y)$$

$$G_{Dye}(x, y)' = \alpha_{Dye} \times G_{Dye}(x, y) \quad (36)$$

【0067】9)最後に、シャープネス強調画像からの粒状抑制工程(粒状抑制・シャープネス強調の最終処理画像の作成工程)について説明する。

シャープネス強調工程において式(1)で求めたシャープネス強調画像 $I_S(x, y)$ データから、黒白粒状抑制成

$$I_1(x, y) = I_S(x, y) - G_{Ag}(x, y)' - G_{Dye}(x, y)' \quad (37)$$

こうして、原画像 $I_0(x, y)$ から粒状などのノイズが抑制されかつ十分にシャープネスが強調された最終処理画像

それぞれ下記式(34)および(35)によって求めることができる。

【0066】8)黒白粒状と色素粒状の抑制成分の算出工程について説明する。

上記式(34)によって得られた黒白粒状成分 $G_{Ag}(x, y)$ に抑制定数 $\alpha_{Ag}$ を乗じたものを黒白粒状抑制成分 $G_{Ag}(x, y)'$ とし、一方、上記式(35)によって得られた色素粒状成分 $G_{Dye}(x, y)$ に抑制定数 $\alpha_{Dye}$ を乗じたものを色素粒状抑制成分 $G_{Dye}(x, y)'$ とする。

分 $G_{Ag}(x, y)'$ と色素粒状抑制成分 $G_{Dye}(x, y)'$ を差し引いて、シャープネス強調画像 $I_S$ の粒状領域から黒白および色素粒状抑制成分を選択的に除去することにより、粒状が抑制されたシャープネス強調画像を得ることができる。

$I_1(x, y)$ を得ることができる。本発明の画像処理方法およびこれを実施する画像処理装置は基本的に以上のように

に構成される。

【0068】本発明のデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法および装置を種々の原画像に対して具体的に実施した。まず、欧州特許第800, 114A号の実施例1～5に記載されている感光材料を用い、同実施例に記載の画像形成方法によって画像形成を行う際に、その画像処理において、図1および図2に示す本発明の画像処理装置を追加し、図3に示す本発明の粒状抑制・シャープネス強調の画像処理方法を実施したところ、同様に粒状が抑制され、かつシャープネスが大幅に向上した画像が得られた。

【0069】本発明の画像処理方法を、未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子の無い通常の主な銀塩カラー写真感光材料、すなわち、すなわち、カラーネガフィルムおよびカラーリバーサルフィルムに撮影した写真画像（35mm、ブローニー、新写真システムAPS、レンズ付フィルム（LF）、インスタント）などに適用したところ、粒状とシャープネス共に一見して判る程の顕著な改善効果を得ることができた。特に粒状については銀塩カラー写真感光材料の微粒子化による粒状改良に匹敵する処理効果を持つため、従来の平均化や揺らぎの減少に基づく各種の粒状除去処理法の欠点であった「ぼけ粒状」的な不自然さや違和感がない。また、シャープネスについては、上記の粒状抑制と組み合わせることにより、従来のアンシャープマスクやラブラシアンフィルタよりかなり大幅な強調効果を得ることができる。

【0070】なお、上述した例では、シャープネス強調画像からエッジ領域と識別・分離された平坦領域を粒状領域と見做し、この平坦領域に存在する粒状成分をハロゲン化銀粒子や現像銀粒子などの銀粒状からなる黒白粒状成分と、色素雲などによる色素粒状成分とに識別して分離し、これらをそれぞれ選択的に抑制している一方、エッジ領域においては、粒状抑制などのノイズ抑制を行っていないが、本発明はこれに限定されず、エッジ領域においても、画像エッジに重畳された粒状成分を黒白粒状成分と色素粒状成分とに識別・分離して、これらをそれぞれ選択的に抑制してもよい。しかしながら、平坦領域と異なり、エッジ領域のエッジ像は、色相関が強く、黒白粒状と色素粒状との形態的特徴の差が見分けにくいいため、エッジ領域では、未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子からなる銀粒状などによる黒白粒状成分と色素雲などによる色素粒状成分とを識別するのが困難である。

【0071】また、銀塩カラー写真感光材料における画像においては、エッジ領域の銀エッジ像は、同時に粒状も形成しているが、色素エッジ像と共に主として画像を形成しているので、銀粒状ほど抑制する必要はない場合が多い。むしろ、エッジ領域の銀エッジ像は、印刷画像の墨版のように画像エッジや輪郭を際立たせる効果を発揮する場合があり、積極的に残すほうが良い場合もある。なお、エッジ領域の銀エッジ像を抑制せずに残す

と、原画像に色物のエッジや輪郭部がある場合、色物のエッジや輪郭部に黒いエッジや輪郭が残ってしまい、画像として好ましくなくなってしまう。このため、エッジ領域では、一般的には、未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による黒白像は除去せず、画質向上のために残すのが好ましいが、さらに好ましくは、原画像の絵柄に応じて未現像ハロゲン化銀粒子や現像銀粒子による黒白像を除去するか、残すかを適宜決定するのがよい。

【0072】なお、上述した説明では、銀塩カラー写真感光材料、特に欧州特許第800, 114A号に記載されている感光材料に担持される画像においては、現像銀粒子と共に未現像ハロゲン化銀粒子が残っている場合を対象としているが、本発明はこれに限定されず、例えば、特開平8-89977号公報に記載のドライ定着部材による処理などのように、ハロゲン化銀溶剤を用いて透明化する処理を行い、黒白粒状成分への未現像ハロゲン化銀粒子の寄与を低減させてもよい。この場合には、黒白粒状成分はほとんど現像銀粒子によって構成される。もちろん、本発明においては、残存する未現像ハロゲン化銀の透明化処理は、実施しても、実施しなくてもよいことはもちろんである。

【0073】本発明に係るデジタル画像のノイズ抑制およびシャープネス強調のための画像処理方法および装置について実施例を挙げて詳細に説明したが、本発明はこれに限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、種々の改良および設計の変更を行ってよいことはもちろんである。

【0074】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の画像処理方法および装置によれば、画像の被写体成分と同時に粒状成分もシャープネス強調により微細化されており、その粒状成分をシャープネス強調画像から差し引く方法で粒状を抑制するので、元の粒状より空間的に細かくかつ濃淡変化の小さい粒状を実現することができ、従って、粒状は空間的に微細化されるので、例えば、銀塩カラー写真感光材料で微粒子乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状にすることができる。

【0075】また、本発明を、銀塩カラー写真感光材料、特に色素の他に未現像のハロゲン化銀粒子や現像銀粒子を含む感光材料に撮影された画像をデジタル化した画像に適用すると、従来の画像処理方法で見られたような欠点、すなわち、粒状が強調され視覚的に不快に見えるという欠点、コントラストの低い画像信号が粒状と誤認され、抑制あるいは除去される欠点、粒状除去領域とシャープネス強調領域の境界が不連続になり画像に不自然なアーティファクトが見られるという欠点を生じさせずに、粒状を抑制し、かつ画像シャープネスを大幅に強調した画像を得ることができる。また、本発明によれば、粒状等のノイズはシャープネス強調され、空間的に微細化されるので、銀塩カラー写真感光材料では微粒子

乳剤を用いた時に得られるような細かい粒状となり、平滑化を用いた従来法の欠点であるぼけ粒状のような視覚的な違和感や不快感の無い自然な粒状抑制効果が得られる。

【0076】さらに、本発明を、デジタルスチルカメラなどによって撮像された画像に適用すると、R、G、Bの色相関を有するようなノイズやアーティファクト、すなわち、撮像デバイス、撮像素子（CCDやMOS型等）などの固定パターンノイズやエイリアジングによるモアレ等のR、G、Bの色相関を有するようなノイズやアーティファクトと、フォトンノイズや電子回路等の熱雑音等のランダムなノイズとを識別・分離し、それらを除去・抑制することによって、画質の向上を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る画像処理装置を組み込んだ、カラー写真画像を読み取り、粒状抑制・シャープネス強調の画像処理を行い、出力装置でカラー画像を出力するシステムの一実施例を示すブロック図である。

【図2】 本発明に係る粒状抑制・シャープネス強調の

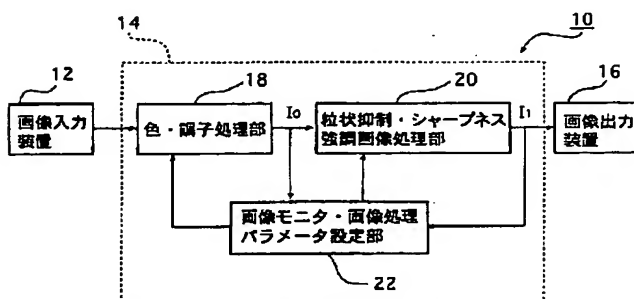
画像処理装置の一実施例を示すブロック図である。

【図3】 本発明の粒状を抑制しつつシャープネスを強調するための画像処理方法の一実施例を示すフローチャートである。

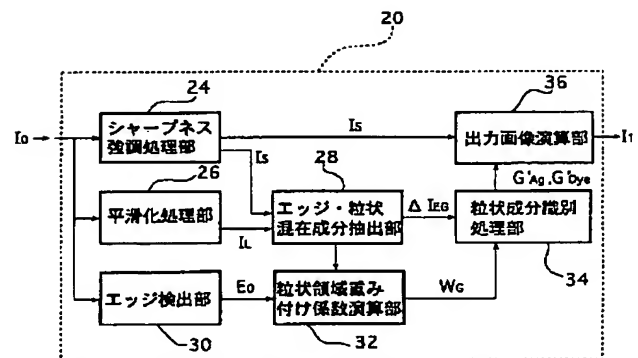
【符号の説明】

- 10 カラー画像再生システム
- 12 画像入力装置
- 14 画像処理装置
- 16 画像出力装置
- 18 色・調子処理部
- 20 粒状抑制・シャープネス強調画像処理部
- 22 画像モニタ・画像処理パラメータ設定部
- 24 シャープネス強調処理部
- 26 平滑化処理部
- 28 エッジ・粒状混在成分抽出部
- 30 エッジ検出部
- 32 粒状領域重み付け係数演算部
- 34 粒状成分識別処理部
- 36 出力画像演算部

【図1】



【図2】





【図 3】

